

**Über die Änderung des Aneuringehaltes
während der Keimung von Samen
mit verschiedenartigen Reservestoffen**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

**Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Basel**

von

Pia Hildegard Gütlin-Schmitz

aus Basel

Separatabdruck aus «Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft»
1957, Band 67

(Als Sonderdruck ausgegeben am 10. Mai 1957)

**Über die Änderung des Aneuringehaltes
während der Keimung von Samen
mit verschiedenartigen Reservestoffen**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

**Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Basel**

von

Pia Hildegard Gütlin-Schmitz

aus Basel



Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

auf Antrag der Herren Professoren

Dr. M. Geiger-Huber

Dr. O. Schüepp

Basel, den 20. Dezember 1955

Prof. Dr. L. Vonderschmitt

Dekan

Über die Änderung des Aneuringehaltes während der Keimung von Samen mit verschiedenartigen Reservestoffen

Von Pia Hildegard Gütlin-Schmitz

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Basel)

Eingegangen am 26. Oktober 1956

Inhalt	Seite
Einleitung	5
Methodisches:	
Versuchsobjekte und Versuchsanordnung	6
Aufbereitung der Versuchspflanzen	6
Bestimmung des Aneurins	7
Bestimmung von Rohfett, Kohlehydrat und Eiweiß	7
Ergebnisse	
Aneuringehalt verschiedener Samen und ihrer Organe	8
Änderung des Aneuringehaltes während der Entwicklung der Keimlinge	11
A. Verteilung des Aneurins auf Embryo und ernährende Gewebe	11
B. Gehalt in Samen und Keimlingen an freiem und gebundenem Aneurin	12
Spezielle Versuche über die Bildung von Aneurin in Ricinus-Keimlingen	17
Zusammenfassung	23
Literatur	24

Einleitung

Die ersten Anhaltspunkte über die Bedeutung des Aneurins für Pflanzen zeigten sich bei den Mikroorganismen, für die das Vitamin, sowohl in der freien Form (wasserlösliches Aneurin) als auch gebunden an Pyrophosphorsäure (Cocarboxylase), ein wichtiger Wachstoffsstoff darstellt (S c h o p f e r, 1934, 1935, 1936; K n i g h t, 1945). Da Aneurin in höheren Pflanzen reichlich vorhanden ist, lag es nahe, auch hier einen Wachstoffsstoffcharakter anzunehmen. Ausgedehnte Untersuchungen haben auch gezeigt, daß zugesetztes Aneurin bei isolierten Organen, besonders bei Wurzeln (Getreide, Tomaten, Erbsen) und Embryonen (Erbsen) tatsächlich als Wachstoffsstoff wirkt (B o n n e r, 1937; S a u b e r t, 1948; B o n n e r und B o n n e r, 1948; C u r t i s und C l a r k, 1950; L e e und W h a l e y, 1952/53; C r o c k e r und B a r t o n, 1953). Eine Wachstumsförderung bei intakten höheren Pflanzen ließ sich dagegen nicht eindeutig nachweisen, obwohl in Nährlösung gebotenes Aneurin aufgenommen und je nach Pflanzenart in verschiedenem Ausmaße auch ge-

speichert wird (Bonner und Greene, 1938/39; Hamner, 1940/41; Minnum, 1941/42; Bonner, 1942/43; Bonner und Bonner, 1948; Crocker und Barton, 1953; v. Witsch und Flügel, 1953). Möglicherweise hat das autochthone Aneurin zwar eine Wachstumswirkung, aber zusätzlich gebotenes Aneurin läßt keine Wachstumswirkung mehr auftreten. Es steht zudem fest, daß Aneurin als Cocarboxylase auch bei Pflanzen an der Decarboxylierung der Brenztraubensäure beteiligt ist. Allerdings konnte diese wiederum nicht in allen Pflanzen bzw. pflanzlichen Organen gefunden werden (Bonner und Bonner, 1948; Bonner, 1950).

Die Untersuchung der Veränderung des Gehaltes an autochthonem Aneurin im keimenden Samen mit seinem starken Stoffwechsel kann nun möglicherweise einige Aufschlüsse über die Bedeutung dieser Verbindung für die heranwachsende Pflanze geben, besonders wenn man solche Samen vergleicht, die sich in der Zusammensetzung ihrer Reservestoffe stark unterscheiden.

Deshalb wurde der Gehalt verschiedener Samen und Früchte an wasserlöslichem freiem Aneurin und an Cocarboxylase während der ersten Wachstumstage verfolgt.

Methodisches

Versuchsobjekte und Versuchsanordnung

Es wurden auf Grund der Hauptreservestoffe ihrer Samen (resp. Achäne und Karyopse) folgende Pflanzen gewählt:

Arachis hypogea L.
Helianthus annuus L.
Pisum sativum L.
Ricinus communis L.
Zea Mays L.

Das Versuchsmaterial wurde bezogen von F. Haubensack Söhne AG, Basel; G. R. Vatter, Bern; Botanischer Garten, Basel.

Die ausgewählten Samen wurden unter verschiedenen Bedingungen aufgezogen und der Aneurin Gehalt (als freies Aneurin und Cocarboxylase) sowie das Frisch- und das Trockengewicht zu bestimmten Zeiten festgestellt. Für die Samen und Keimlinge von *Ricinus communis* kam noch dazu die Bestimmung des Gehaltes an Rohfett, an Kohlehydraten und an Eiweiß.

Als Kulturmedium für die Keimlinge diente Flußsand, der zirka eine Stunde in fließendem Wasser gewaschen und mit destilliertem Wasser nachgespült worden war. Bevor die Samen in die mit Sand gefüllten Kulturschalen aus Eternit gepflanzt wurden, wurden sie — mit Ausnahme von *Arachis hypogea* — vorgequollen, und zwar *Ricinus communis* und *Zea Mays* je zwei Tage, *Helianthus annuus* und *Pisum sativum* je einen Tag in fließendem Wasser. Die Samen von *Arachis hypogea* wurden ohne vorherige Quellung in den Sand gebracht. Um das Austrocknen der Keimlinge zu verhindern, wurden die Kulturen mit destilliertem Wasser feucht gehalten.

Aufarbeitung der Versuchspflanzen

Nach den gewählten Versuchszeiten wurden die Pflanzen sorgfältig aus dem Sand herausgespült, damit möglichst wenig Wurzelmaterial verloren ging, und dann mit Filtrierpapier abgetrocknet. Die Pflanzen wurden in zwei gleichschwere Portionen zu

je 10 Keimlingen aufgeteilt und das Frischgewicht bestimmt. Die erste Portion diente zur Bestimmung des Trockengewichtes (bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz), mit der andern erfolgte die Bestimmung des freien und des gebundenen Aneurins.

In einer eisgekühlten Porzellanschale wurde das Pflanzenmaterial, mit Eisstücken zusammen zu einem feinen Brei zerrieben, im Verhältnis von zirka 1 : 8 mit destilliertem Wasser versetzt. Dieser wäßrige Brei blieb über Nacht im Kühlschrank bei 0—4° C stehen, wodurch das freie Aneurin ausgezogen wurde. Nach weiterer Verdünnung auf das Verhältnis 1 : 10 am nächsten Morgen wurde in der Zentrifuge der feste Anteil vom wäßrigen Auszug («Versuchslösung») abgetrennt. Diese Versuchslösung wurde bis zur Bestimmung ihres Gehaltes an Aneurin in eine Kältemischung (Eis/Kochsalz) gestellt.

Der Rückstand in den Zentrifugengläsern wurde noch zweimal mit destilliertem Wasser gewaschen, abzentrifugiert und der feste Anteil mit der siebenfachen Menge 0,1 *n* Salzsäure sorgfältig herausgespült. Zur Abspaltung der Cocarboxylase von ihrem Apoenzym wurde dieser Brei eine halbe Stunde im kochenden Wasserbad gehalten, auf 45° abgekühlt und nach Zusatz einer Suspension von Diastase in 35%iger Natriumacetatlösung noch 2 Stunden auf 45 bis 50° gehalten. Dadurch wird die Cocarboxylase in freies Aneurin und Pyrophosphorsäure aufgespalten. Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur wurde der Brei mit destilliertem Wasser geeignet verdünnt und filtriert. Im Filtrat («Versuchslösung») wurde wiederum der Gehalt an Aneurin bestimmt. So konnten mit einer Methode Aneurin und Cocarboxylase getrennt bestimmt werden.

Bestimmung des Aneurins

Die quantitative Bestimmung des Aneurins erfolgte als Thiochrom nach der Vorschrift in «*Methods of Vitamin Assay*», New York 1947. Dabei wird Aneurin mit Hilfe von Kaliumferricyanid quantitativ zu dem blau fluoreszierenden Farbstoff Thiochrom oxydiert. Da diese Methode spezifisch und sehr empfindlich ist, konnten noch Werte unter $\frac{1}{10}$ γ erfaßt werden.

Es wurde folgender Arbeitsgang eingehalten: In einem 100 ccm fassenden Schütteltrichter wurde 1 ccm der Versuchslösung mit 20 ccm Oxydationslösung (1 Teil Kaliumferricyanid 1% + 99 Teile Natronlauge 5%) versetzt, während $\frac{1}{2}$ Minute leicht geschwenkt und dann 1 Minute lang stehen gelassen. Nun wurden 25 ccm *i*-Butanol zugegeben und das ganze 2 Minuten lang kräftig durchgeschüttelt. Nach der Trennung der Schichten — *i*-Butanol und Wasser — wurde die wäßrige Phase abgelassen und die organische Phase mit zirka 3 g Natriumsulfat getrocknet. 20 ccm der klaren *i*-Butanol-Lösung («Meßlösung») dienten zur Messung der Fluoreszenz im «Lumetron».

Zu jeder Meßlösung gehörte ein Kontrollauszug, der anstatt mit der Oxydationslösung mit 20 ccm 5%iger Natronlauge hergestellt worden war; als «blank» zur Einstellung des Nullpunktes diente ein *i*-Butanol-Auszug der bei der Extraktion verwendeten Reagenzlösungen.

Die Fluoreszenzmessungen wurden mit dem «Lumetron» (Photoelectric Fluorescence Meter, Mod. 402 EF, der Photovolt Corporation, New York) ausgeführt. Es wurde eine Eichkurve im empfindlichsten Meßbereich unter Berücksichtigung der Werte für Fremdfluoreszenz von Kontrollauszug und «blank» erstellt. Der Gehalt an Aneurin in den Meßlösungen wurde mit Hilfe dieser Eichkurve ermittelt.

Bestimmung von Rohfett, Kohlehydraten und Eiweiß

Zur Extraktion des *Fettes* wurde das getrocknete Material, das schon zur Bestimmung des Trockengewichtes gedient hatte, verwendet. Es wurde während 70 bis 80 Stunden in einer Soxhlet-Apparatur mit Petroläther extrahiert. Das Lösungsmittel wurde abdestilliert und das Extraktionsgut («Rohfett») bei 80° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Die Bestimmung des Eiweißes erfolgte nach Kjeldal-Aufschluß der Samen oder Keimlinge so, daß einmal der Gesamtstickstoff, in einem zweiten Ansatz nur der Aminostickstoff bestimmt wurden. Aus den erhaltenen Stickstoffwerten wurde in der üblichen Weise der Eiweißgehalt berechnet (G. Klein, 1932; K. Paech et al., 1952).

Die Kohlehydrate (Stärke und Zucker) wurden als Glucose mit Fehlingscher Lösung nach der Methode von Lehmann-Maquenne-Schoorl bestimmt. Diese Methode ist besonders geeignet für Zuckerbestimmungen in eiweißhaltigem Material, da sie unabhängig ist von der Anwesenheit des Kupferoxydniederschlags und damit von Begleitstoffen, die diesen in Lösung halten (G. Klein, 1932; K. Paech et al., 1952).

Ergebnisse

Aneuringehalt verschiedener Samen und ihrer Organe

Zuerst wurde der Aneuringehalt von Samen mit unterschiedlicher Zusammensetzung ihrer Reservestoffe untersucht: *Arachis hypogea*, *Ricinus communis* und *Zea Mays*.

Ogleich die Zahl der untersuchten Arten klein ist, umfaßt die Auswahl doch — vom physiologischen Standpunkt aus gesehen — einen großen Bereich. Besondere Bedeutung wurde dem Gehalt an den Reservestoffen Fett und Stärke beigemessen; *Zea Mays* mit seinem vor allem Stärke enthaltenden Korn und *Ricinus communis* mit seinem vorwiegend Fett enthaltenden Samen stellen so die beiden extremen Versuchspflanzen dar.

Tabelle 1 orientiert über den Gehalt an Reservestoffen und an Aneurin der Samen und Früchte dieser Pflanzen sowie von *Helianthus annuus* und *Pisum sativum*, die für später zu beschreibende Versuche noch beigezogen werden.

Tabelle 1
Reservestoffe der verwendeten Samen und Früchte und ihr Aneuringehalt

Reservestoffe in Gewichts-% ¹	<i>Zea Mays</i> ¹	<i>Pisum sativum</i> ¹	<i>Arachis hypogea</i> ¹	<i>Helianthus annuus</i> ¹	<i>Ricinus communis</i> ²
Stärke	50–70	30–40	8–21	0	0
Zucker	1– 4	4– 6	4–12	2	0
Eiweiß	10	20	20–30	25	18
Fett	5	2	40–50	45–50	64
Gesamtaneurin in Gewichts-% ²	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$9,0 \cdot 10^{-4}$	$10,7 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$0,7 \cdot 10^{-4}$
davon freies Aneurin ²	26,0 %	85,8 %	55,5 %	17,0 %	100,0 %
und Coccarboxylase ²	74,0 %	14,2 %	45,5 %	83,0 %	0,0 %

¹ Nach C. Wehmer, 1911.

² Eigene Messungen.

In den Samen von *Ricinus communis* konnte weder Stärke noch Zucker nachgewiesen werden (S a c h s , 1892). Auch in der Frucht von *Helianthus annuus* fiel die Probe auf Stärke negativ aus. Dagegen wurde in allen Samen resp. Früchten Aneurin gefunden. Es fällt aber auf, daß der fettreiche Same von *Ricinus communis* bedeutend weniger Aneurin enthält als die übrigen untersuchten Samen, daß darin auch Cocarboxylase fehlt und nur freies, wasserlösliches Aneurin vorkommt. Bei den andern untersuchten Arten konnte dagegen, obwohl in wechselndem Verhältnis, immer freies wasserlösliches Aneurin und Cocarboxylase bestimmt werden. Das Vorkommen des freien wasserlöslichen Aneurins

Tabelle 2

Arachis hypogea: Aneuringehalt (Gesamtaneurin) lufttrockener Samen

Anzahl der Samen	Durchschnittl. Gewicht pro Same in g	Durchschnittl. Aneuringehalt pro Same in γ	Aneuringehalt in Gewichts-%
20	0,45	5,45	$1,20 \cdot 10^{-3}$
30	0,45	5,03	$1,12 \cdot 10^{-3}$
50	0,45	5,00	$1,11 \cdot 10^{-3}$
20	0,685	7,9	$1,15 \cdot 10^{-3}$
20	0,485	5,2	$1,08 \cdot 10^{-3}$
20	0,36	3,95	$1,1 \cdot 10^{-3}$
20	0,45	5,25	$1,16 \cdot 10^{-3}$
20	0,45	5,18	$1,15 \cdot 10^{-3}$
20	0,45	5,5	$1,2 \cdot 10^{-3}$
20	0,504	6,8	$1,32 \cdot 10^{-3}$
10	0,515	4,16	$0,81 \cdot 10^{-3}$
10	0,55	4,86	$0,89 \cdot 10^{-3}$
10	0,54	3,5	$0,65 \cdot 10^{-3}$
Mittelwert	0,49	5,2	$1,07 \pm 0,05 \cdot 10^{-3}$

Tabelle 3

Ricinus communis: Aneuringehalt (Gesamtaneurin) lufttrockener Samen

Anzahl der Samen	Durchschnittl. Gewicht pro Same in g	Durchschnittl. Aneuringehalt pro Same in γ	Aneuringehalt in Gewichts-%
5	0,15	0,12	$8,0 \cdot 10^{-5}$
10	0,35	0,323	$9,1 \cdot 10^{-5}$
10	0,312	0,317	$10,1 \cdot 10^{-5}$
20	0,335	0,23	$7,2 \cdot 10^{-5}$
10	0,322	0,12	$3,7 \cdot 10^{-5}$
10	0,322	0,11	$3,4 \cdot 10^{-5}$
10	0,25	0,205	$8,2 \cdot 10^{-5}$
Mittelwert	0,29	0,20	$7,1 \pm 0,995 \cdot 10^{-5}$

scheint somit nicht mit dem Vorhandensein bestimmter Reservestoffe zusammenzuhängen, wohl aber dasjenige der Cocarboxylase.

Der Aneuringehalt der Samen einer Art zeigt große Unterschiede. Tabelle 2 gibt für *Arachis hypogea*, Tabelle 3 für *Ricinus communis* die aus mehreren Portionen bestimmten Durchschnittswerte pro Same an. Bei *Arachis hypogea* beträgt die Streuung des Einzelwertes zum Mittelwert zirka 17 %. Das Gewicht des einzelnen Samens ist ebenfalls, wie aus der Tabelle hervorgeht, sehr unterschiedlich. Die Streuung beträgt hier zirka 15 %, liegt also in der gleichen Größenordnung wie beim Aneurin. Für *Ricinus communis* sind die entsprechenden Werte 31 % (für Aneurin) und 23 % (für Samengewicht).

Tabelle 4
Verteilung des Aneurins auf die einzelnen Organe bei Samen und Früchten von *Arachis hypogea*, *Ricinus communis* und *Zea Mays*

	Anzahl der Samen	Aneuringehalt in Gewichts-%	Verteilung des Aneurins auf die Organe in % des Gehaltes von Samen resp. Frucht		
			Embryo	Kotyledonen	Endosperm
<i>Arachis hypogea</i>	20	13,8 · 10 ⁻⁴	1,7	98,3	—
	10	11,6 · 10 ⁻⁴	0	100	—
	20	12,0 · 10 ⁻⁴	14,5	85,5	—
<i>Zea Mays</i>	10	5,4 · 10 ⁻⁴	100 ¹	—	0
<i>Ricinus communis</i> ..	5	0,80 · 10 ⁻⁴	14	0	86
	10	0,78 · 10 ⁻⁴	17	0	83
	10	0,74 · 10 ⁻⁴	26	0	74
	20	0,74 · 10 ⁻⁴	2	0	98

Zea Mays wurde während 48 Stunden gequollen; der Aneuringehalt ist auf das Trockengewicht bezogen; die andern Samen waren lufttrocken.

Tabelle 5
Arachis hypogea: Aneuringehalt von Keimling, Kotyledonen und Embryo während der Entwicklung (Tageslicht, *t* = 20 bis 25° C)

Alter in Tagen	Aneuringehalt in γ					
	Keimling total		Kotyledonenpaar		Embryo ²	
0	6,6	100 %	6,48	100 %	0,12	100 %
3	5,4	82 %	5,25	80 %	0,15	125 %
6	3,83	58 %	3,38	52 %	0,45	370 %
12	2,28	39 %	1,55	24 %	0,73	600 %
18	1,86	28 %	0,35	5 %	1,51	1230 %

100 % = Aneuringehalt des lufttrockenen Samens.

¹ Embryo inkl. Scutellum.

² Ohne Kotyledonen.

Änderung des Aneuringehaltes während der Entwicklung der Keimlinge

A. Verteilung des Aneurins auf Embryo und ernährende Gewebe

Das regelmäßige Vorkommen von Aneurin in den verschiedenen Samen und Früchten ließ die Frage nach seiner Verteilung auf die Organe auftauchen: es wurden deshalb Embryo und ernährendes Gewebe getrennt und der Aneuringehalt unabhängig bestimmt (Tabelle 4).

Bei den Samen von *Arachis hypogea* findet sich der Hauptanteil des Aneurins in den Kotyledonen (dem ernährenden Gewebe), während der Embryo nur einen minimalen Gehalt aufweist.

Bei *Zea Mays* konnte überraschenderweise im Endosperm, dem vorwiegend stärkehaltigen Nährgewebe, kein Aneurin nachgewiesen werden. Das gesamte Aneurin findet sich im Embryo und in seinem fettreichen Scutellum ¹.

Tabelle 6

Zea Mays: Aneuringehalt von Keimling, Endosperm, Scutellum und Embryo während der Entwicklung (Tageslicht, $t = 20$ bis 25°C)

Alter in Tagen	Aneuringehalt in γ				
	Keimling total	Endosperm	Scutellum	Embryo	
0	1,83 100,0 %	0	1,83 ²	—	
3	0,8 43,0 %	0,05	0,55	0,2	
6	0,64 34,5 %	0	0,52	0,12	
12	0,44 23,5 %	0	0,09	0,35	

100 % = Aneuringehalt des Korns.

Die Verteilung des Aneurins im Samen von *Ricinus communis* entspricht prinzipiell derjenigen im Samen von *Arachis hypogea*, d. h. wenig Aneurin im Embryo, der Hauptanteil im Endosperm.

Der Aneuringehalt der Keimlinge während der Entwicklung zeigt nun wesentliche Unterschiede.

Bei den Keimlingen von *Arachis hypogea* (Tabelle 5) und von *Zea Mays* (Tabelle 6) nimmt der Gesamtgehalt an Aneurin im Verlaufe der Entwicklung konstant ab und zeigt dabei zugleich eine Verschiebung in der lokalen Verteilung zugunsten der heranwachsenden Pflanze.

Bei den Keimlingen von *Ricinus communis* (Tabelle 7) dagegen nimmt der Gesamtgehalt an Aneurin zu. Der Gehalt des Endosperms nimmt zwar ebenfalls ab, doch ist die Zunahme in der jungen Pflanze so groß, daß neben der örtlichen Verschiebung auch eine Neubildung angenommen werden muß. In Zahlen beträgt der Aneuringehalt von Embryo

¹ Ch. Yen (1957) fand im Scutellum 87,8 %, Embryo 9,2 %, Endosperm 2,8 %.

² Aneuringehalt von Scutellum und Embryo.

und Endosperm zusammen nach 8 Tagen Wachstum 430 % des ursprünglichen Gehaltes des Samens, derjenige des Endosperms allein noch 19 %. Für den Keimling allein macht die Zunahme sogar 350 % aus.

Tabelle 7

Ricinus communis: Aneuringehalt von Keimling, Endosperm und Embryo während der Entwicklung (etioliert, $t = 25^{\circ}\text{C}$)

Alter in Tagen	Aneuringehalt in %					
	Keimling total		Endosperm		Embryo	
0	0,29	100 %	0,26	100 %	0,034	100 %
3	0,73	250 %	0,5	195 %	0,23	675 %
4	0,84	290 %	0,43	167 %	0,41	1200 %
6	0,88	305 %	0,25	97 %	0,63	1850 %
8	1,25	430 %	0,05	19 %	1,2	3550 %

100 % = Aneuringehalt des lufttrockenen Samens.

Das Vorkommen von Aneurin scheint nicht an das Vorhandensein eines bestimmten Reservestoffes in Samen oder Früchten gebunden zu sein. Dagegen fällt auf, daß jeweils der Hauptanteil in den fettreichen Organen dieser Samen und Früchte gefunden wird. Am deutlichsten ist dies bei *Zea Mays*, bei dem sich praktisch das gesamte Aneurin im fettreichen Scutellum findet. Bei *Ricinus communis* dagegen läßt sich der Hauptanteil des Aneurins im fettreichen Endosperm nachweisen.

B. Gehalt in Samen und Keimlingen an freiem und gebundenem Aneurin

In den bisherigen Versuchen wurde nicht unterschieden zwischen dem Gehalt an freiem wasserlöslichem Aneurin und demjenigen an Cocarboxylase. In die folgenden Untersuchungen, die Aufschluß über das Verhältnis der beiden Verbindungen zueinander geben, wurden neben *Zea Mays*, *Arachis hypogea* und *Ricinus communis* auch *Pisum sativum* und *Helianthus annuus* einbezogen. Berücksichtigt man die Reservestoffe, so kann *Pisum sativum* zwischen *Zea Mays* und *Arachis hypogea*, *Helianthus annuus* zwischen *Arachis hypogea* und *Ricinus communis* eingeordnet werden (Tabelle 1).

In den lufttrockenen Körnern von *Zea Mays* finden sich $\frac{3}{4}$ des Aneurins als Cocarboxylase und nur $\frac{1}{4}$ als freies wasserlösliches Aneurin. Dieses Verhältnis verschiebt sich im Verlaufe der Entwicklung zugunsten des freien wasserlöslichen Aneurins. Nach 2 Tagen Wachstum wird ungefähr gleichviel Aneurin als Cocarboxylase wie als freies wasserlösliches Aneurin gefunden. Nach dem 3. Tage macht das freie Aneurin zirka $\frac{2}{3}$ des Gesamtgehaltes aus. Diese Verschiebung vollzieht sich innerhalb der

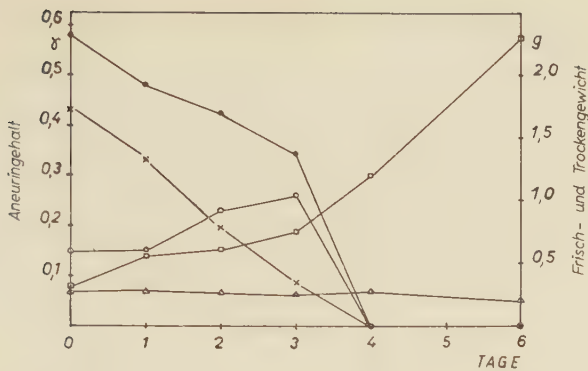


Abbildung 1

Zea Mays: Gehalt pro Keimling an freiem und gebundenem Aneurin während der Entwicklung (etioliert, $t = 28^{\circ}\text{C}$)

- — ○ freies wasserlösliches Aneurin (a)
- × — × Cocarboxylase (b)
- — ● Gesamtaneurin (a + b)
- — □ Frischgewicht
- △ — △ Trockengewicht

bereits beschriebenen Abnahme des Gesamtgehaltes an Aneurin (Tabelle 6). Der Abbau des Aneurins erfolgt dabei im Dunkelversuch noch rascher als am Licht. Das Frischgewicht der Keimlinge nimmt konstant zu, das Trockengewicht dagegen bis zum 6. Tage leicht ab (Abbildung 1).

Im gleichen Rahmen bleiben die Verhältnisse bei *Helianthus annuus*. Während des Wachstums zeigt sich auch hier innerhalb einer Abnahme des Gesamtaneurins eine Verschiebung des Verhältnisses von freiem wasserlöslichem Aneurin zu Cocarboxylase zugunsten des ersteren. Die Cocarboxylase ist nach dem 4. Tage vollständig verschwunden, während der Gesamtgehalt an Aneurin auf zirka 50 % des ursprünglichen Gehaltes der Früchte gesunken ist. Nach dem 10. Wachstumstage finden sich noch 26 % des ursprünglichen Gehaltes als freies wasserlösliches Aneurin. Länger als 10 Tage ließen sich die Keimlinge von *Helianthus annuus* im Dunkeln und ohne Zufuhr von Nährstoffen nicht kultivieren. Während der Versuchsdauer nahm das Frischgewicht regelmäßig zu, das Trockengewicht blieb praktisch konstant (Abbildung 2).

In den Keimlingen von *Arachis hypogea* nimmt der Gesamtgehalt an Aneurin während der ersten Wachstumstage weniger schnell ab als bei *Zea Mays* und bei *Helianthus annuus*. Eine stärkere Abnahme erfolgt erst nach dem 2. Tage. Nach 6 Wachstumstagen sind noch 39 % des ursprünglichen Gesamtgehaltes nachweisbar. Im Samen werden 55 % des Aneurins als freie wasserlösliche Verbindung gefunden. Nach 2 Tagen beträgt dieser Anteil 76 %. Während der weiteren Entwicklung verändert sich

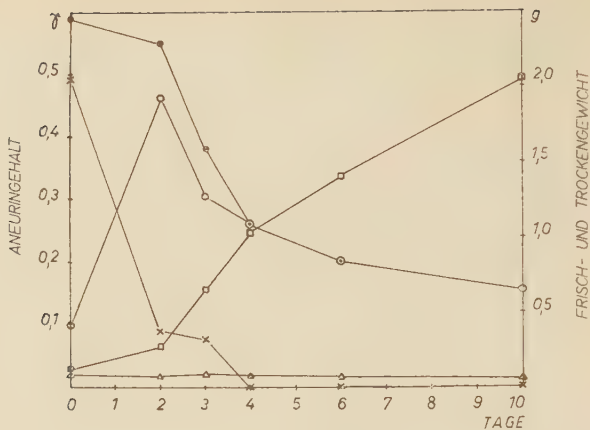


Abbildung 2
Helianthus annuus: Gehalt pro Keimling an freiem und gebundenem Aneurin während der Entwicklung (etioliert, $t = 28^{\circ} \text{C}$)

- — freies wasserlösliches Aneurin (a)
- × — Cocarboxylase (b)
- — Gesamtaneurin (a + b)
- — Frishgewicht
- △ — Trockengewicht

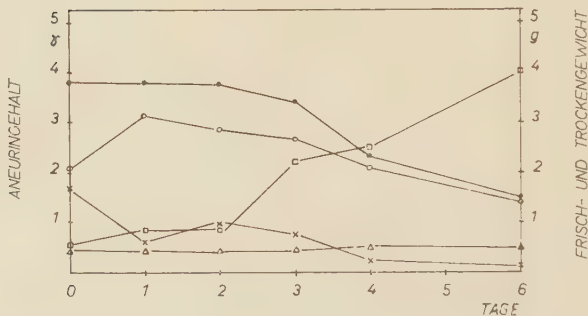


Abbildung 3
Arachis hypogea: Gehalt pro Keimling an freiem und gebundenem Aneurin während der Entwicklung (etioliert, $t = 28^{\circ} \text{C}$)

- — freies wasserlösliches Aneurin (a)
- × — Cocarboxylase (b)
- — Gesamtaneurin (a + b)
- — Frishgewicht
- △ — Trockengewicht

das Verhältnis von freiem zu gebundenem Aneurin nur noch wenig (Abbildung 3).

Am geringsten ist die Abnahme des Gesamtgehaltes an Aneurin bei *Pisum sativum*. Nach 10 Tagen Wachstum werden noch 74 % des ursprünglichen Gehaltes der Samen gefunden. Im Gegensatz zu *Zea Mays* und *Helianthus annuus* überwiegt anfangs der Gehalt an freiem wasserlöslichem Aneurin (86 %) denjenigen an Cocarboxylase (14 %). Das Verhältnis ändert sich während des Wachstums kaum (Abbildung 4).

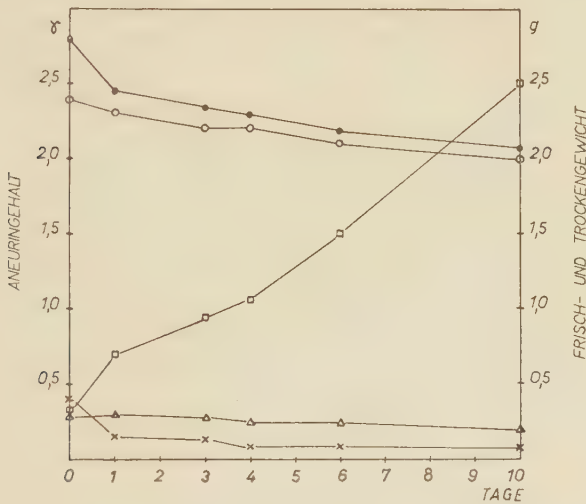


Abbildung 4

Pisum sativum: Gehalt pro Keimling an freiem und gebundenem Aneurin während der Entwicklung

- — ○ freies wasserlösliches Aneurin (a)
- □ — Cocarboxylase (b)
- — ● Gesamtaneurin (a + b)
- — □ Frischgewicht
- △ — △ Trockengewicht

Völlig anders sind nun aber die Verhältnisse bei *Ricinus communis*. Während bei den bisher beschriebenen Pflanzenarten der Gesamtgehalt an Aneurin abnimmt, wobei mehr oder weniger große Verschiebungen im Verhältnis freies wasserlösliches Aneurin zu Cocarboxylase festgestellt werden können, nimmt — wie bereits erwähnt — der Gesamtgehalt an Aneurin bei *Ricinus communis* zu. Ebenso wenig wie im fettreichen frischen Samen kann während der Entwicklung des Keimlings Cocarboxylase nachgewiesen werden. Die Zunahme des Aneuringehaltes innert 10 Tagen auf 650 % des Anfangsgehaltes ist um so bemerkenswerter, als auch in dieser Versuchsreihe das Wachstum im Dunkeln und ohne jeden

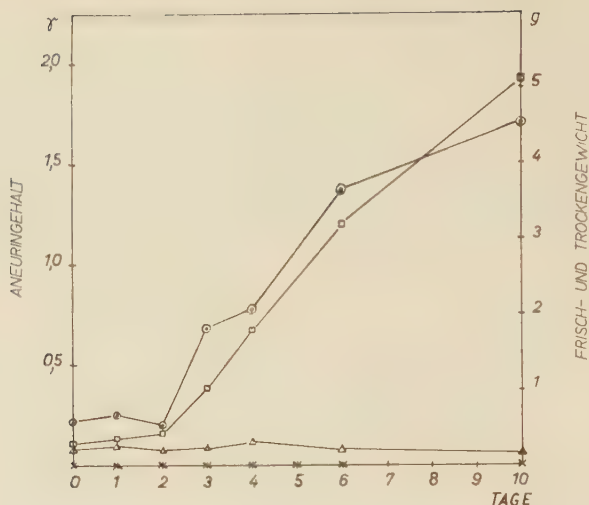


Abbildung 5
Ricinus communis: Gehalt pro Keimling an freiem und gebundenem Aneurin während der Entwicklung (etioliert, $t = 28^{\circ} \text{C}$)

- — ○ freies wasserlösliches Aneurin (a)
- Cocarboxylase (b)
- — ● Gesamtaneurin (a + b)
- — □ Frishgewicht
- △ — △ Trockengewicht

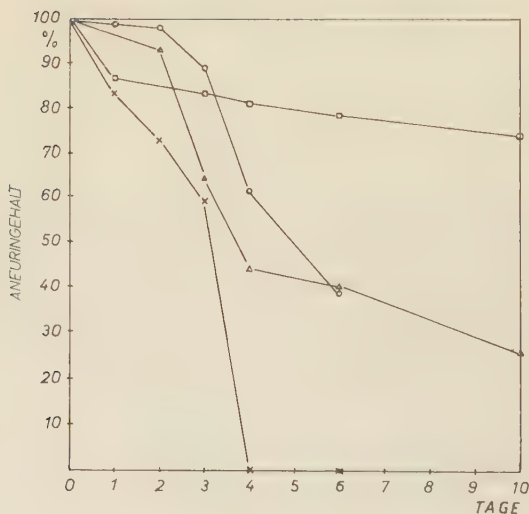


Abbildung 6
 Prozentuale Abnahme des Gesamtaneurins während der Entwicklung der Keimlinge

100 % = Aneurinegehalt des lufttrockenen Samens bzw. der Frucht

- — ○ *Arachis hypogaea*
- △ — △ *Helianthus annuus*
- — □ *Pisum sativum*
- × — × *Zea Mays*

Zusatz von Nährstoffen erfolgte. Das Frischgewicht nimmt normal zu, während das Trockengewicht praktisch konstant bleibt (Abbildung 5).

Der Vergleich der Resultate der verschiedenen Versuchsreihen zeigt, daß, mit Ausnahme von *Ricinus communis*, bei allen untersuchten Pflanzen im Dunkeln und ohne Zufuhr von Nährstoffen ein mehr oder minder schneller Abbau des Aneurins erfolgt (Abbildung 6). Zu ähnlichen Resultaten gelangen Simpson, Chow und Soh (1953), die bei *Phaseolus aureus* eine anfängliche Abnahme des Aneuringehaltes finden und eine Neubildung erst mit dem Einsetzen der Photosynthese feststellen können. Auch Hurni (1945) stellt für *Melandrium album* ein anfängliches Absinken und erst beim Einsetzen des Wachstums eine Zunahme des Aneuringehaltes fest.

Der Abbau der Cocarboxylase erfolgt rascher als derjenige des freien wasserlöslichen Aneurins. Während bei *Zea Mays* und bei *Helianthus annuus* bereits nach 4 Tagen Entwicklung keine Cocarboxylase mehr bestimmt werden kann (Abbildung 1 und Abbildung 2), scheint sich bei *Arachis hypogea* und bei *Pisum sativum* ein gewisses Gleichgewicht zwischen den beiden Verbindungen einzustellen (Abbildung 3 und Abbildung 4).

Die Ausnahmestellung, die die Samen und Keimlinge von *Ricinus communis* einnehmen, gab Anlaß zu einigen speziellen Versuchen.

Spezielle Versuche über die Bildung von Aneurin in Ricinus-Keimlingen

Es erscheint zunächst wichtig, einen Überblick über das Verhalten der Hauptinhaltsstoffe des Samens von *Ricinus communis* (Fette, Eiweiße, Kohlehydrate) zu gewinnen. Dem keimenden Samen stehen in erster Linie Fette und Eiweiße als Nährstoffe zur Verfügung; diese Stoffe wurden in einer weiteren Versuchsreihe neben Aneurin und den Kohlehydraten bestimmt. Analog der früheren Versuche wurden die Samen in gewaschenem Sand bei 28 bis 29° C etioliert gezogen und jeweils nach der gewählten Zeit die entsprechenden Werte bestimmt (Abbildung 7).

Die Zunahme des Aneuringehaltes entspricht dem in den früheren Versuchen gefundenen Verlauf.

In den lufttrockenen Samen, die bis zu 70 % Rohfett und zirka 20 % Eiweiß enthalten, ist weder Stärke noch Glucose nachweisbar. Bereits nach dem 1. Wachstumstage treten diese aber auf (Sachs, 1892), werden also offenbar aus dem Fett gebildet. Tatsächlich sinkt bis zum 2. Wachstumstage der Fettgehalt auf zirka 50 % des ursprünglichen Gehaltes ab, beträgt am 4. Tage noch 8 %, um dann bis zum 10. Tage mit 6 % und 7 % beinahe konstant zu bleiben.

Umgekehrt steigt der Gehalt an Kohlehydraten — Stärke und Glucose — bis zum 3. Tage steil an und macht zu diesem Zeitpunkt zirka

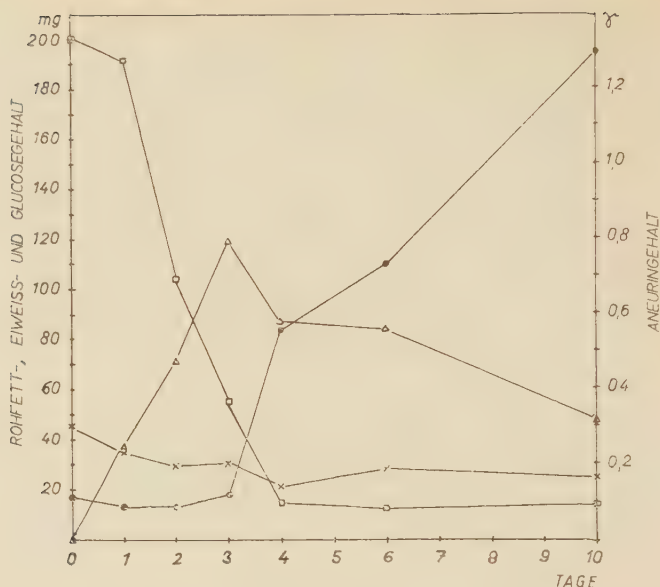


Abbildung 7

Ricinus communis: Gehalt pro Keimling an Gesamtaneurin, Rohfett, Eiweiß und Kohlehydrat während der Entwicklung (etioliert, $t = 28^{\circ}\text{C}$).

- Gesamtaneurin
- Rohfett
- × Eiweiß
- △—△ Kohlehydrat (als Glucose)

40% des Trockengewichtes aus. Bis zum 10. Tage sinkt der Gehalt wieder auf 28% des Trockengewichtes. Diese Abnahme dürfte damit erklärbar sein, daß vom 3. Tage an ein Verbrauch erfolgte, da die Kultur etioliert und ohne jegliche Nährstoffzufuhr gehalten wurde.

Der Proteingehalt zeigt keine wesentlichen Veränderungen. Er macht während der ganzen Versuchszeit 15 bis 20% des Trockengewichtes aus (vgl. auch J a n s e n, 1949).

Da *Ricinus communis* offenbar beim Wachstum im Dunkeln Aneurin zu bilden vermag, wurde auch die Veränderung des Aneurin gehaltes von am Tageslicht wachsenden Kulturen untersucht (Abbildung 8). Die Pflanzen wurden wiederum in gewaschenem Sand bei einer Temperatur von 25°C gezogen. Bezieht man die Menge des neugebildeten Aneurins auf den ursprünglichen Gehalt im Samen, so zeigt sich in diesem Versuch eine größere prozentuale Zunahme als im Dunkelversuch. Am 3. Tage ist vorübergehend kein Aneurin nachweisbar, der Gehalt steigt aber in der Folge bis zum 18. Tage auf 1410% des ursprünglichen Gehaltes der

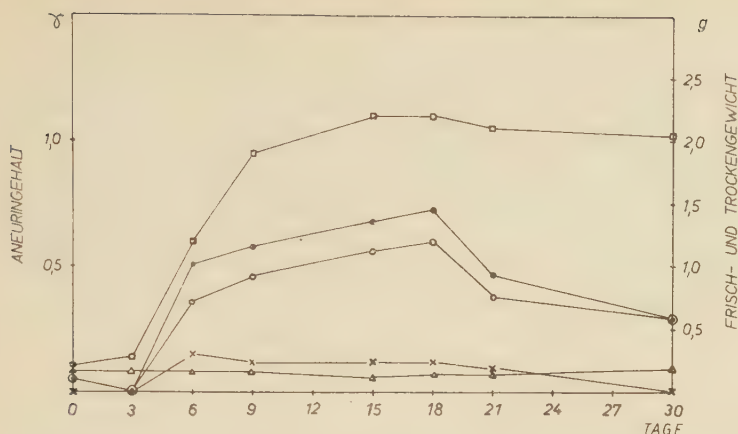


Abbildung 8
Ricinus communis: Gehalt an Aneurin pro Keimling während des Wachstums am Licht ($t = 25^{\circ}\text{C}$)

- — ○ freies wasserlösliches Aneurin (a)
- · — Cocarboxylase (b)
- — ● Gesamtaneurin (a + b)
- — □ Frishgewicht
- △ — △ Trockengewicht

Samen an. Bis zum 30. Wachstumstage erfolgt dann eine neuerliche Abnahme auf zirka 600 % des ursprünglichen Gehaltes, offenbar wiederum eine Folge der fehlenden Nährstoffe.

Beim direkten Vergleich der absoluten Werte des Aneurin Gehaltes sind diese beim Versuch am Licht geringer als beim Dunkelversuch. Es muß das auf die unterschiedliche Qualität des zur Verfügung stehenden Samens zurückgeführt werden. Während der für den Dunkelversuch verwendete Same im Durchschnitt 0,115 γ Aneurin enthielt, konnten im für den Lichtversuch verwendeten Samen durchschnittlich nur 0,048 γ nachgewiesen werden. Auch in diesem Samen konnte keine Cocarboxylase bestimmt werden.

Es muß nun überraschen, daß beim Lichtversuch bereits nach dem 6. Wachstumstage Cocarboxylase nachweisbar wird, was beim Dunkelversuch auch noch nach 10 Tagen nicht der Fall ist. Die Cocarboxylase macht zu diesem Zeitpunkt 30 % des Gesamtgehaltes an Aneurin aus. Am 21. Tage sind noch 19 % des Aneurin Gehaltes als Cocarboxylase bestimmbar, nach dem 30. Tage gelingt deren Bestimmung nicht mehr.

Gleichzeitig mit dem Aneurin Gehalt ging auch das Frishgewicht zurück. Der Grund dafür darf darauf zurückgeführt werden, daß die Pflanze wohl assimilieren konnte, jedoch keinerlei zusätzliche Nährstoffe

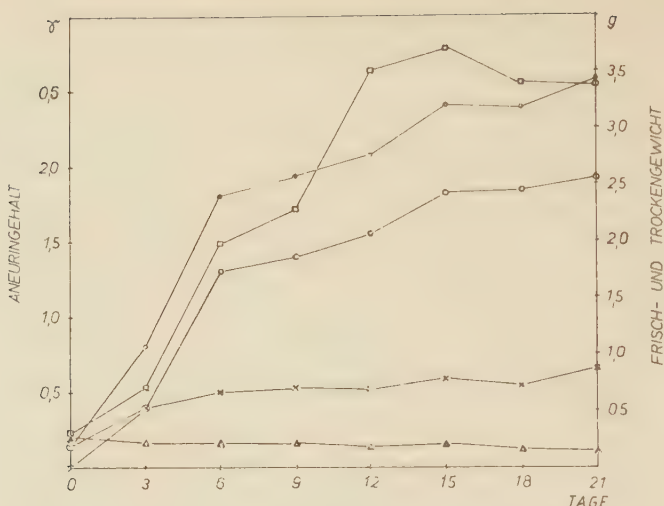


Abbildung 9

Ricinus communis: Gehalt an Aneurin pro Keimling während des Wachstums am Licht und bei Zugabe von Nährlösung ($t = 25-26^{\circ} \text{C}$)

- — ○ freies wasserlösliches Aneurin (a)
- < — × Cocarboxylase (b)
- — ● Gesamtaneurin (a + b)
- — □ Frischgewicht
- △ — △ Trockengewicht

zur Verfügung hatte, nachdem die Reserven des Endosperms aufgebraucht waren. Das Trockengewicht blieb praktisch konstant.

Der Einfluß von Nährsalzen wurde in einer weiteren Kulturreihe untersucht. Die Keimlinge erhielten täglich anorganische Salze in Form der Pfefferschen Nährlösung und A-Z-Lösung. Das Wachstum erfolgte am Tageslicht, wobei zusätzlich (infolge der fortgeschrittenen Jahreszeit) Kunstlicht verwendet wurde, so daß die Keimlinge von 7 bis 18 Uhr bei Licht wachsen konnten.

Tatsächlich kann unter solchen Bedingungen die Aneurinbildung wesentlich gesteigert werden (Abbildung 9).

Im Gegensatz zu den früheren Versuchen steigt der Gesamtgehalt an Aneurin direkt und konstant an und ist bereits nach 3 Tagen auf 530 % des Gehaltes der Samen angestiegen. Nach 21 Versuchstagen beträgt der Gesamtgehalt zirka 1700 % des Anfangsgehaltes. Schon am 3. Tage ist auch Cocarboxylase nachweisbar. Sie macht zu diesem Zeitpunkt die Hälfte des Gesamtaneurins aus und bleibt im Verlaufe des weiteren Wachstums bei etwa 35 % des Aneurin gehaltes konstant.

Wie in den Versuchen von v. Witsch und Flügel (1951), die den Aneurin Gehalt verschiedener Weizensorten bei Kalium-, Phosphor- und Stickstoffmangel untersuchten und fanden, daß Stickstoff die Aneurinbildung stimuliert, kann auch in diesem Falle die verstärkte Aneurinbildung auf die Stickstoffgabe in der Nährlösung zurückgeführt werden.

Die Wirkung der Nährsalze zeigt sich auch beim Frisch- und Trockengewicht, deren Werte durchwegs höher sind als bei den entsprechenden vorhergehenden Kulturreihen.

Die früheren Versuche zeigen, daß *Ricinus communis* im Dunkeln und ohne Nährstoffzufuhr, aber bei optimaler Wachstumstemperatur,

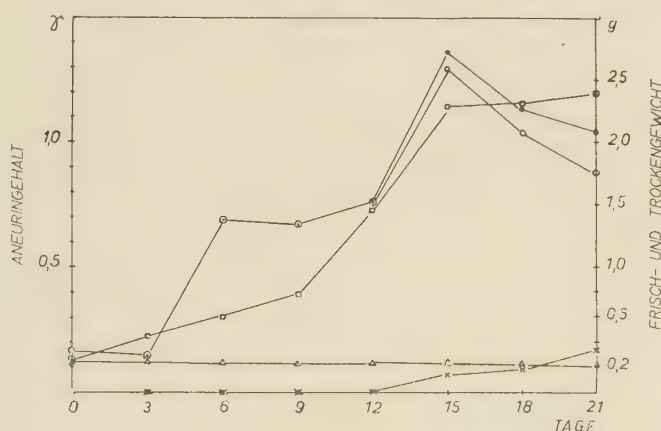


Abbildung 10

Ricinus communis: Gehalt an Aneurin pro Keimling während des Wachstums bei suboptimaler Temperatur (18—19° C).

- — ○ freies wasserlösliches Aneurin (a)
- · — Cocarboxylase (b)
- — ● Gesamtaneurin (a + b)
- — □ Frischgewicht
- △ — △ Trockengewicht

Aneurin bildet. Es ist nun interessant, daß diese Neubildung auch bei suboptimaler Temperatur im Kaltversuch bei 18° bis 19° C und ohne Nährstoffzufuhr erfolgt (Abbildung 10).

Äußerlich zeigten die Keimlinge ein kümmerliches Wachstum. Am 15. Tage hatte das Hypokotyl erst eine Länge von 2.5 bis 3.5 cm erreicht, und die rötlichgelben Kotyledonen waren noch vom Endosperm eingeschlossen. Nach 21 Tagen hatte die Pflanze erst eine Länge von 16 bis 19 cm, und das Endosperm klebte vertrocknet an den Kotyledonen. Entsprechend blieben die Werte für das Frischgewicht weit unter denjenigen der Lichtkultur und der Dunkelkultur bei günstigeren Temperaturbedin-

gungen. Das Trockengewicht war, wohl durch den langsameren Metabolismus, etwas größer.

Bis zum 15. Tage konnte nur wasserlösliches Aneurin bestimmt werden. Von diesem Zeitpunkt an bis zum 21. Tage stieg der Gehalt an Cocarboxylase bis auf 16 % des Gesamtaneurins an. Am 15. Tage erreichte der Gesamtgehalt an Aneurin ein Maximum von 900 % des ursprünglichen Gehaltes im Samen, um dann bis zum 21. Tage wieder auf 700 % abzusinken.

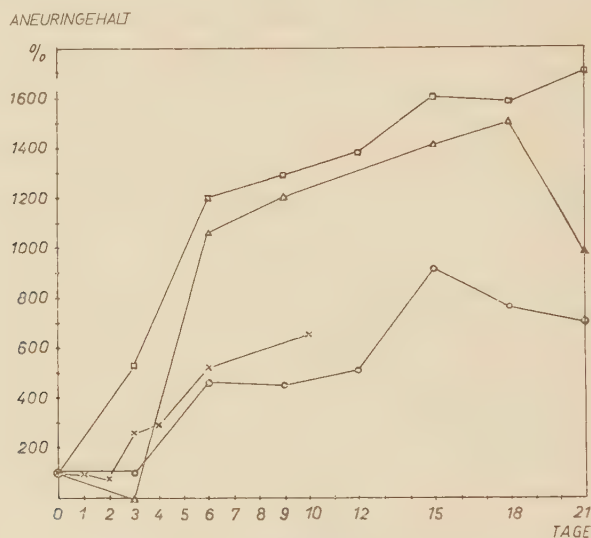


Abbildung 11

Ricinus communis: Bildung des Aneurins unter verschiedenen Kulturbedingungen. 100 % = Aneurin Gehalt des luftgetrockneten Samens

- △ — △ Licht, $t = 25^{\circ}\text{C}$
- — □ Licht, Nährlösung, $t = 25-26^{\circ}\text{C}$
- × — × etioliert, $t = 28^{\circ}\text{C}$
- — ○ etioliert, $t = 18-19^{\circ}\text{C}$

Es fällt auf, daß auch unter diesen ungünstigen Bedingungen Cocarboxylase gebildet wird, wenn auch relativ spät.

Äußerlich entsprach der Zustand der Keimlinge des «Dunkel-Kalt»-Versuches am 15. Tage demjenigen der Keimlinge des «Licht-Warm»-Versuches am 6. Tage. Am 21. Tage hatten die Keimlinge des Dunkelversuches erst das Stadium der Keimlinge des Lichtversuches am 15. Tage erreicht. Im Lichtversuch zeigten die Keimlinge am 15. Tage einen Cocarboxylasegehalt von 17 % des Gesamtaneurins, im Dunkelversuch lagen erst nach 21 Tagen 16 % als Cocarboxylase vor. Dem physiologischen Alter von 21 Tagen der etioliert und unter suboptimaler Temperatur

gewachsenen Keimlinge entspricht also ein solches von 15 Tagen der am Licht und bei optimaler Temperatur gewachsenen Keimlinge (vgl. Hurni, 1945).

Bei *Ricinus communis* erfolgt somit die Bildung von Aneurin sowohl bei Licht als auch im Dunkeln. Ungünstige Wachstumsbedingungen verhindern diese Neubildung nicht (Abbildung 11), doch fördern günstige Licht-, Temperatur- und Nährstoffbedingungen sowohl die Bildung von freiem wasserlöslichem Aneurin als auch von Cocarboxylase.

Zusammenfassung

Methodisches

1. Der Aneuringehalt, sowohl als freies wasserlösliches Aneurin wie auch als dessen Pyrophosphat, der Cocarboxylase, wurde bestimmt in den Samen und Früchten von *Zea Mays*, *Pisum sativum*, *Arachis hypogea*, *Helianthus annuus* und *Ricinus communis*. Die Bestimmung erfolgte fluoreszenzometrisch mit dem Thiochromtest.
2. Der Gehalt an autochthonem Aneurin wurde während der ersten Wachstumsstage der Keimlinge verfolgt.
3. Bei *Ricinus communis* wurde der Aneuringehalt während der ersten Wachstumszeit unter verschiedenen Kulturbedingungen untersucht.

Ergebnisse

4. Alle untersuchten Samen und Früchte enthalten Aneurin unabhängig von der Zusammensetzung ihrer Reservestoffe.
5. Bei *Pisum sativum*, *Arachis hypogea*, *Helianthus annuus* und *Ricinus communis* findet sich der Hauptanteil des Aneurins im Nährgewebe, ein geringerer Anteil im Embryo.
6. Im fettarmen Endosperm von *Zea Mays* konnte kein Aneurin nachgewiesen werden; der Hauptanteil findet sich im fettreicheren Scutellum.
7. In den Samen und Früchten von *Zea Mays*, *Pisum sativum*, *Arachis hypogea* und *Helianthus annuus* lassen sich sowohl freies wasserlösliches Aneurin als auch Cocarboxylase bestimmen.
8. In den Keimlingen der gleichen Arten nimmt der Gesamtgehalt an Aneurin während des etiolierten Wachstums ab. Während dieser Abnahme erfolgt zugleich eine Veränderung der Verteilung des Aneurins zugunsten der Gewebe des heranwachsenden Keimlings.
9. Bei *Zea Mays* und *Helianthus annuus* nimmt der Gehalt an Cocarboxylase rascher ab als derjenige an freiem wasserlöslichem Aneurin; bei den übrigen Arten stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den beiden Verbindungen ein.

10. In den Samen von *Ricinus communis* kann nur freies wasserlösliches Aneurin bestimmt werden.
11. In den Keimlingen von *Ricinus communis* nimmt der Aneuringehalt zu. Die Zunahme erfolgt auch bei etioliertem Wachstum, suboptimaler Temperatur und Fehlen von Nährsalzen. Durch Licht, optimale Temperatur und Nährionen kann die Aneurinbildung gesteigert werden.
12. Der Gehalt der Keimlinge von *Ricinus communis* an Cocarboxylase ist vom physiologischen Alter der Pflanze abhängig.

Die vorliegende Arbeit wurde im Botanischen Institut der Universität Basel auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Max Geiger-Huber ausgeführt. Ich danke ihm an dieser Stelle herzlich für seine wertvollen Ratschläge und das mir stets erwiesene Wohlwollen sowie dafür, daß er mir die Mittel des Institutes in großzügiger Weise zur Verfügung gestellt hat.

Ebenso danke ich auch allen jenen, die mir während der Arbeit mit Rat und Hilfe zur Seite gestanden sind.

Literatur

- Bonner, James, 1937. Vitamin B₁ a growth factor for higher plants. *Science*, **85**, 183—184.
- 1942/43. Effects of application of Thiamine to *Cosmos*. *Botan. Gaz.*, **104**, 475—479.
- 1950. *Plant Biochemistry*. Academic Press Inc., New York.
- and Bonner, Harriet, 1948. The B-Vitamins as plant Hormones. *Vitamins and Hormones*, **6**, 225—275.
- and Greene, Jesse, 1938/39. Vitamin B₁ and the growth of green plants. *Botan. Gaz.*, **100**, 226—237.
- Crocker, William, and Barton, Lela V., 1953. *Physiology of Seeds*. Chronica Botanica Company, Waltham, Mass. (USA).
- Curtis, O. F., and Clark, D. G., 1950. *Introduction to Plant Physiology*. McGraw-Hill, New York.
- Haitinger, Max, 1944. *Die Fluoreszenzanalyse in der Mikrochemie*. Edwards Brothers Inc., Ann. Arbor., Mich. (USA).
- Hamner, Ch. L., 1940/41. Effects of Vitamin B₁ upon the development of some flowering plants. *Botan. Gaz.*, **102**, 158—168.
- Hurni, H., 1945. Die Biosynthese von Aneurin in der höheren Pflanze. Der B₁-Gehalt von *Melandrium album* unter verschiedenen Bedingungen. *Z. Vitaminforschung*, **15**, 198—226.
- Jansen, B. C. P., 1949. The physiology of Thiamin. VI. The role of Thiamin in Protein metabolism. *Vitamins and Hormones*, **7**, 83—110.
- Klein, G., 1932. *Handbuch der Pflanzenanalyse*. Bd. 2, 1. Teil. Verlag Julius Springer, Wien.
- Knight, B. C. J. G., 1945. Growth factors in Microbiology. II. Thiamin. *Vitamins and Hormones*, **3**, 117—132.

- K u h n, R., und V e t t e r, H., 1935. Zur Kenntnis des Thiochroms. Ber. deutsch. chem. Ges., **68**, 2375.
- L e e, Addison E., and W h a l e y, W. Gordon, 1952/53. Effects of Thiamin, Niacin and Pyridoxine on interval growth of excised tomato roots in culture. Botan. Gaz., **114**, 343—348.
- Methods of Vitamin Assay (The Association of Vitamin Chemists, Inc.). Interscience Publishers Inc., New York 1947.
- M i n n u m, E. C., 1941/42. Effects of vitamins on the growth of *Radish* and *Cauliflowers*. Botan. Gaz., **103**, 397—400.
- P a e c h, K., und S i m o n i s, W., 1952. Pflanzenphysiologisches Praktikum. Springer-Verlag, Berlin.
- S a c h s, Julius, 1892. Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie. XXIV, Über das Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Samen. Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- S a u b e r t - v. H a u s e n, Synnöve, 1948: On the role of growth substances in higher plants. Physiol. Plantarum, **1**, 85—94.
- S c h ö p f e r, W. H., 1934. Versuche über die Wirkung von reinen kristallisierten Vitaminen B auf *Phycomyces*. Ber. deutsch. bot. Ges., **52**, 308—312.
- 1935. Vitamine und Wachstumsfaktoren bei den Pflanzen. Der Gehalt an Wachstumsfaktoren der Sporen von *Phycomyces*. Ber. deutsch. bot. Ges., **53**, 466—468.
- 1936. Über die Wirkung des synthetischen Vitamins B₁ auf einen Mikroorganismus. Ber. deutsch. bot. Ges., **54**, 559—560.
- 1943. Plants and Vitamins. Chronica Botanica Company, Waltham, Mass./USA.
- S i m p s o n, J. A., C h o w, A. Y., and S o h, C. C., 1953. The distribution of Thiamine and Riboflavin in the *Mung Bean*; and the changes that occur during germination. Cereal Chem., **30**, 222—229.
- W e h m e r, C., 1911. Die Pflanzenstoffe. Gustav Fischer, Jena.
- W e n t, L. N., 1948. Onderzoekingen over de bepaling en stofwisseling van het aneurine. Dissertation Universiteit Utrecht.
- v. W i t s c h, Hans, und F l ü g e l, Anna, 1951. Untersuchungen über den Aneurin-haushalt höherer Pflanzen. Ber. deutsch. bot. Ges., **64**, 107—116.
- 1953. Physiologische Untersuchungen an Pflanzen mit erhöhtem Aneurinegehalt. Flora, **140**, 534—550.
- Y e n, Chi-Chiong. Über die Verteilung des Aneurins im Korn und in der Keimpflanze von *Zea Mays* L. Verh. Natf. Ges. Basel, 1957 (im Druck).

Curriculum vitae

Am 2. Oktober 1922 wurde ich, Pia Hildegard Gütlin-Schmitz, als Tochter des Dr. phil. Hermann Schmitz, Studienrat in Köln, und seiner Ehegattin Ida geb. Miege in Freiburg i. Br. geboren.

Als Folge der öfteren Versetzung meines Vaters besuchte ich die Volksschulen in Brühl bei Köln, Prüm in der Eifel und Köln. Im Frühjahr 1933 trat ich in die Oberschule für Mädchen, Köln, ein und schloß im Frühjahr 1941 an der Königin-Luise-Schule mit der Reifeprüfung der sprachlichen Abteilung ab.

Im Herbst 1941 begann ich in Mayen (Rheinland) ein Apothekerpraktikum und bestand im September 1943 die pharmazeutische Vorprüfung als Apothekerassistentin. In den folgenden Jahren war ich in mehreren Apotheken in Köln und, nach der Übersiedlung meiner Eltern nach Grenzach (Baden), in Säckingen, Lörrach, Wyhlen und Steinen als Assistentin tätig. Diese Arbeit setzte ich zum Teil auch während des nun folgenden Studiums fort.

Mit dem Wintersemester 1946/47 immatrikulierte ich mich an der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel, vorerst im Rahmen der «Markgräfler Aktion». Ich möchte auch hier dem damaligen Präsidenten dieser Aktion, Herrn Prof. Dr. Ernst Staehelin, und den beteiligten Dozenten meinen besten Dank aussprechen.

Die vorliegende Dissertation entstand in den Jahren 1951—1954 unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Max Geiger-Huber an der Botanischen Anstalt der Universität Basel.

In diese Zeit fällt auch meine Verheiratung mit Herrn Kurt Gütlin aus Basel, am 6. Mai 1954.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Praktika folgender Herren Professoren und Dozenten: E. Batschelet, G. Colón, B. Dukor, A. Gasser, M. Geiger-Huber, E. Heitz, P. Huber, W. Kuhn, G. P. Landmann, R. Laur-Belart, H. Mohler, W. Muschg, A. Portmann, T. Reichstein, A. Rüegg, E. Schlittler, O. Schüepp, A. Toulmin, J. Tomcsik und W. Vischer.

Allen meinen Lehrern spreche ich meinen aufrichtigen Dank aus.

